

**ANALISIS DAMPAK FASILITAS KAMPUS TERHADAP MOTIVASI AKADEMIK  
MAHASISWA DI UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA**

*Disusun untuk memenuhi Tugas Mata Kuliah: Statistika*



**Dosen Pengampu:**

Farhanna Mar'i, S.Kom., M.Kom.

**Penyusun :**

Dimas Dwi Pramono Nugroho	23051204329
M. Galih Rahmatulloh	23051204343
Pebri Andika Putra	23051204334
Muh. Farhan Baidlowi	23051204352

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA  
TAHUN AKADEMIK 2025**

## DAFTAR ISI

<b>1</b>	<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>3</b>
1.1	Latar belakang.....	3
1.2	Rumusan masalah .....	3
1.3	Tujuan penelitian .....	3
1.4	Manfaat .....	3
<b>2</b>	<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1	Kualitas udara .....	4
2.2	Uji Augmented Dickey-Fuller (ADF).....	4
2.3	Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average).....	4
2.4	Metode ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average) .....	6
2.5	Evaluasi Model Peramalan.....	6
<b>3</b>	<b>BAB III METODOLOGI8</b>	
3.1	Perolehan dan Pengolahan Data .....	8
3.2	Tahapan analisis .....	10
3.3	Alat bantu.....	11
<b>4</b>	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>12</b>
4.1	Analisis Eksplorasi .....	12
4.2	Pembangunan model ARIMAX .....	13
4.3	Evaluasi model ARIMAX.....	13
4.4	Visualisasi Prediksi vs Aktual.....	14
<b>5</b>	<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>15</b>
5.1	KESIMPULAN .....	15
5.2	SARAN .....	15
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>15</b>

# **1 BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar belakang**

Kualitas udara merupakan salah satu indikator penting untuk menilai kesehatan lingkungan suatu wilayah (Moshammer & Wallner, 2011). Saat ini, Kota Makassar mengalami peningkatan yang cukup signifikan dalam aktivitas industri, transportasi, dan pertumbuhan penduduk. Hal tersebut mengakibatkan peningkatan emisi polutan di udara (Ramdhan & Syamsuddin, 2020). Salah satu polutan utamanya ialah PM 2.5, yaitu partikel halus dengan diameter kurang dari 2,5 mikrometer. Partikel ini cukup berbahaya bagi kesehatan dikarenakan ukuran yang sangat kecil sehingga dapat menembus sistem pernapasan hingga mencapai alveolus paru-paru. Hal ini dapat mengakibatkan gangguan kesehatan yang cukup serius, seperti gangguan pernapasan dan penyakit kardiovaskular (Keramidas et al., 2023).

Fluktuasi kualitas udara di Kota Makassar dapat dilihat berdasarkan data indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di beberapa titik, seperti di Terminal Daya dan Terminal Malengkeri yang tercatat dalam kategori tidak sehat (101-200) bahkan berbahaya (>300) (Jusri, 2023; Utama, 2019). Terlebih, studi prediktif dengan data pada tahun 2020 hingga 2022 memperkirakan bahwa pada tahun 2045 rata-rata ISPU di Kota Makassar akan meningkat hingga 105. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara memerlukan perhatian serius dalam pengelolaan dan pengendalian polusi udara (Jusri, 2023).

Peningkatan aktivitas manusia yang tidak diimbangi dengan pengelolaan lingkungan efektif dapat menyebabkan penurunan kualitas udara yang berdampak negatif pada kesehatan masyarakat dan lingkungan. Oleh karena itu, strategi dalam mengelola kualitas udara yang komprehensif dan data prediktif diperlukan untukantisipasi dan mengurangi dampak buruk dari polusi udara di masa mendatang.

## **1.2 Rumusan masalah**

- Bagaimana prediksi pola harian PM2.5 di Makassar menggunakan model ARIMA?
- Bagaimana pengaruh faktor meteorologi terhadap prediksi harian PM2.5 di Makassar menggunakan model ARIMAX?

## **1.3 Tujuan penelitian**

- Merancang dan menganalisis prediksi pola harian PM2.5 di Makassar menggunakan model ARIMA
- Merancang dan menganalisis pengaruh faktor meteorologi terhadap prediksi harian PM2.5 di Makassar menggunakan model ARIMAX.

## **1.4 Manfaat**

- Memberikan gambaran awal tentang bagaimana metode statistik dapat digunakan dalam memprediksi fenomena lingkungan.
- Menjadi referensi awal bagi mahasiswa atau peneliti lain yang ingin mengembangkan model prediksi kualitas udara yang lebih kompleks.

## 2 BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Kualitas udara

Kualitas udara menggambarkan tingkat kebersihan udara berdasarkan kandungan polutan di dalamnya. Beberapa parameter utama yang sering digunakan untuk mengukur kualitas udara antara lain: PM2.5, PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan CO (WHO, 2021). PM2.5 adalah partikel mikroskopis yang berukuran lebih kecil dari 2.5 mikrometer, yang dapat masuk ke saluran pernapasan manusia sehingga menyebabkan gangguan kesehatan (Pope & Dockery, 2006; Chen et al., 2020).

### 2.2 Uji Augmented Dickey-Fuller (ADF)

Uji Augmented Dickey-Fuller (ADF) adalah metode umum yang sering diterapkan dalam uji stasioneritas data deret waktu (*time series*) untuk deteksi keberadaan root pada data (Basuki & Prawoto, 2016; Widarjono, 2018). Unit root mengindikasikan bahwa data bersifat non-stasioner dengan sifat statistik seperti rerata dan varians yang berubah tiap waktu. Sehingga, perlu penerapan transformasi sebelum analisis lebih lanjut.

Uji ADF melakukan perhitungan mengenai autokorelasi pada residual dengan menambahkan lag variabel dependen sebagai variabel independen dalam model regresi. Tujuannya ialah untuk menghilangkan autokorelasi serial pada error term sehingga hasil uji lebih valid (Repository UIN Suska, 2022). Berikut adalah perhitungan secara matematisnya:

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \alpha_2 T + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad , \text{ dengan}$$

- $\Delta$  adalah operator differencing pertama,
- $Y_t$  adalah nilai variabel pada waktu  $t$ ,
- $T$  adalah tren waktu,
- $m$  adalah jumlah lag diterapkan dalam menghilangkan autokorelasi,
- $\varepsilon_t$  adalah error term.

Uji dilakukan dengan uji hipotesis nol  $H_0: \gamma = 0$ , yaitu data mengandung unit root atau non-stasioner dibandingkan dengan  $H_a: \gamma < 0$ , yaitu data stasioner. Keputusan dalam pengujian berdasar pada perbandingan statistik ADF terhadap nolai kritis dari distribusi MacKinnon. Apabila nilai absolut statistik ADF lebih besar dari nilai kritis, maka hipotesis nol ditolak dan data merupakan stasioner (Akbar, 2016; Widarjono, 2018). Uji ADF juga dapat diterapkan dengan memanipulasi intercept dan tren deterministik tergantung karakteristik data yang diuji (Digilib Unila, 2017). Apabila data tidak stasioner, maka dilakukan differencing hingga stasioner. Hal ini merupakan bagian dari proses permodelan deret waktu, seperti ARIMA (Repository ITK, 2020). Oleh karena itu, uji ADF merupakan langkah awal yang krusial dalam pemodelan data *time-series*.

### 2.3 Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) adalah teknik dalam analisis deret waktu yang umum diterapkan dalam peramalan data runtun waktu menggunakan

pola tren dengan musiman (Box & Jenkins, 1976). Secara struktur, ARIMA memadukan tiga komponen, yaitu autoregressive (AR), integrated (I), dan Moving Average (MA) sehingga memungkinkan pemodelan tidak stasioner melalui proses *defferencing* (Peramalan pencemaran udara di Pekanbaru, 2015). Model ARIMA biasanya dinotasikan sebagai ARIMA (p,d,q). Berikut adalah rincian penjelasannya:

- $p$  merupakan orde komponen autoregressive.
- $d$  merupakan orde differencing, yaitu banyaknya iterasi dalam *differencing* agar data stasioner.
- $q$  merupakan orde dari komponen *moving average*.

Berikut adalah perhitungannya secara matematis (Wahyuni & Setyawan, 2020):

$$\phi_p B \phi_p B^S (1 - B)^d (1 - B^S)^D Y_t = \theta_q(B) \theta_q(B^S) a_t, \text{ dengan}$$

$B$  : operator *backshift*,

$\phi_p B$  : koefisien komponen AR non musiman dengan derajat  $P$ ,

$\phi_p B^S$  = koefisien komponen AR musiman  $S$ ,

$(1 - B)^d$  = operator untuk *differencing* orde  $d$ ,

$(1 - B^S)^D$  = operator untuk *differencing* musiman  $S$  orde  $D$ ,

$\theta_q(B)$  = koefisien komponen MA non musiman dengan derajat  $q$ .

$\theta_q(B^S)$  = koefisien komponen MA musiman  $S$ ,

$a_t$  = nilai residu pada waktu ke- $t$ .

Model ARIMA diidentifikasi dengan melihat plot *autocorrelation function* (ACF) dan plot *partial autocorrelation function* (PACF) yang telah dilakukan uji stasioner. Orde proses ARIMA ditentukan dengan lag yang keluar pada plot ACF, dan plot PACF. Berikut adalah tabel identifikasi model ARIMA:

Model	ACF	PACF
-------	-----	------

AR (p)	Dies Down (Turun cepat secara eksponensial/sinusoidal)	Cuts off setelah lag q
MA (q)	Cuts off setelah lag q	Dies Down (Turun cepat secara eksponensial/sinusoidal)
ARMA (p,q)	Turun cepat setelah lag (q-p)	Turun cepat setelah lag (p-q)
AR (p) atau MA (q)	Cuts off setelah lag q	Cuts off setelah lag q
White noise (Random)	Tidak ada yang signifikan (tidak ada yang keluar batas)	Tidak ada yang signifikan (tidak ada yang keluar batas)

## 2.4 Metode ARIMAX (Autoregressive Integrated Moving Average)

Metode ARIMAX adalah pengembangan dari ARIMA yang memasukkan variabel-variabel eksogen, yaitu variabel luar yang dianggap memiliki pengaruh terhadap variabel utama yang diprediksi (Jurnal JTIK, 2024). Dalam konteks ini, kualitas udara dapat dipengaruhi oleh variabel eksogen seperti suhu dan kelembaban (Hyndman, 2022). Kemudian berikut ini merupakan model matematisnya.

$$y_t = \delta t + \sum_{g=1}^4 \mathbf{1}_{y_g} V_{g,t} + \sum_{i=1}^{12} \beta_i M_{i,t} + \frac{\theta q(B)\theta Q(B^s)}{\phi_p B \phi_p B^s (1-B)\hat{d}(1-B^s)\hat{D}} a_t \quad (4, 1)$$

## 2.5 Evaluasi Model Peramalan

Evaluasi model peramalan adalah tahap penting dalam mengukur seberapa baik hasil prediksi yang diperoleh melalui model yang mendekati nilai aktual. Dengan melakukan evaluasi, nilai akurasi dan keandalan model dalam prediksi data di masa depan. Beberapa metrik evaluasi yang umum digunakan dalam analisis peramalan antara lain *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

- **MSE (Mean Absolute Error)**

MSE (Mean Absolute Error) merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai aktual  $y_i$  dan nilai prediksi  $\hat{y}_i$ . Kemudian Karena menggunakan kuadrat, MSE memperbesar kesalahan besar dan sensitif terhadap outlier, jadi jika nilai MSE lebih kecil maka menandakan model lebih akurat. Berikut ini merupakan rumus dari MSE :

- **RMSE (Root Mean Square Error)**

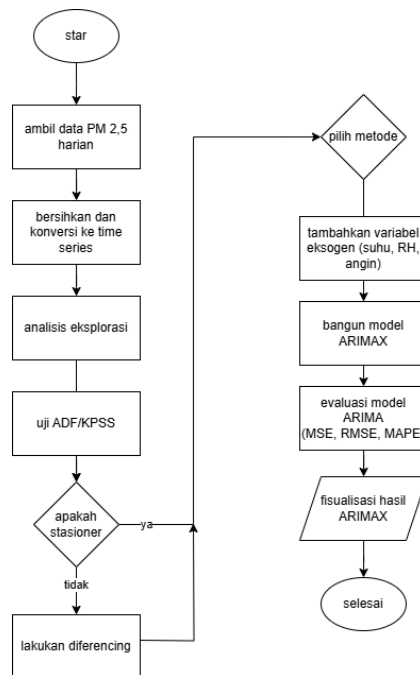
RMSE adalah akar kuadrat dari MSE, sehingga satuannya sama dengan satuan data asli, kemudian RMSE juga menekankan kesalahan besar karena berasal dari kuadrat selisih. Selain itu rumus ini diterapkan dalam melihat seberapa jauh prediksi dari nilai sebenarnya dalam skala yang sama. Berikut ini merupakan rumus dari model :

- **MAPE** (Mean Absolute Percentage Error)

MAPE merupakan rumus yang digunakan untuk mengukur rata-rata kesalahan absolut dalam bentuk persentase terhadap nilai aktual, yang dimana cocok untuk membandingkan performa model pada data berskala besar. Namun rumus ini tidak cocok jika data mengandung nilai 0 (ini dikarenakan akan menyebabkan pembagian nol). Berikut ini merupakan rumus dari mape :

### 3 BAB III METODOLOGI

Berikut adalah tahapan alur penelitian proyek kami:



#### 3.1 Perolehan dan Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data utama, yaitu data kualitas udara (PM 2.5) & data iklim (suhu udara, kelembapan, & kecepatan angin) untuk di kota Makassar. Berikut adalah deskripsi sumber dan pengolahan data:

- Data PM 2.5 Makassar

Data konsentrasi harian PM2.5 diperoleh melalui situs Air Quality Index Project (AQICN) melalui API publik. Pengambilan data diterapkan secara otomatis dengan pemrograman API untuk menarik informasi harian dari stasiun pemantauan udara di Makassar. Kemudian, data yang telah diperoleh disimpan dalam format tabular untuk keperluan analisis lebih lanjut.

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8
# Sensor Makassar Ujung Pandang North Pisang Indonesia (Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan/makassar)							
# https://aqicn.org/station/@416851/							
# Daily pm25							
date	min	max	median	q1	q3	stdev	count
2023-09-27T00:00:00.000Z	27.42	28.7	28.06	27.42	28.7	0.64	2
2023-10-04T00:00:00.000Z	0.28	19.8	7.33	3.06	14.37	6.128	21
2023-10-05T00:00:00.000Z	16.07	24.9	22.38	19.39	24.38	3.097	24
2023-10-06T00:00:00.000Z	13.17	15.79	13.7	13.27	14.84	0.872	24
2023-10-07T00:00:00.000Z	15.44	19.82	17.3	15.81	19.32	1.609	24
2023-10-08T00:00:00.000Z	19.19	24.12	22.01	21.08	22.72	1.322	24
2023-10-09T00:00:00.000Z	24.44	24.46	24.45	24.44	24.46	0.01	2
2023-10-17T00:00:00.000Z	21.92	27.04	24.42	22.29	26.52	1.951	17
2023-10-18T00:00:00.000Z	19.29	23.06	21.65	21.37	22.17	0.909	24
2023-10-19T00:00:00.000Z	18.46	21.83	18.87	18.76	19.3	0.857	24


- Data Iklim Harian BMKG Makassar

Data iklim harian yang diterapkan meliputi:

- Suhu rerata harian (TAVG)
- Kelembapan rerata harian (RH\_AVG)
- Kecepatan angin rerata harian (FF\_AVG)



Data yang digunakan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Makassar dalam bentuk Excel yang berisi konten hasil pengamatan meteorologis harian.

	ID WMO : 97182						
	NAMA ST : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere						
	LINTANG : -5.11375						
	BUJUR : 119.41983						
	ELEVASI : 5 Meter						
TANGGAL	TN	TX	TAVG	RH_AVG	RR	SS	FF
01-02-2025	24.4	31.1	26.6	87	27.8	1.5	6
02-02-2025	25	30.9	27.8	82	9.6	4.6	5
03-02-2025	25.9	31.8	28.7	73	0	8	3
04-02-2025	25.9	30.7	28	80	0	5.1	5
05-02-2025	25.6	31.3	28	80	0.6	3.3	5
06-02-2025	25.2	29.5	26.5	87	10.4	5.3	6
07-02-2025	24.1	27.1	25.1	92	33.6	0.1	7

#### - Periode Data

Periode observasi data dimulai dari tanggal 7 Februari 2025 hingga 24 Mei 2025 mencakup lebih dari tiga bulan data harian. Rentang waktu dipilih untuk melakukan pengamatan hubungan diantara variabel iklim dan konsentrasi PM2.5 serta melakukan regresi.

#### - Penanganan Data Kosong

Dalam proses pengumpulan data, didapat beberapa nilai yang hilang atau kosong (*missing values*). Demi menjaga kontinuitas data deret waktu dan mengisi kekosongan tersebut, diterapkan metode Hybrid Mean Interpolation yaitu gabungan dari:

PM2.5 Interpolasi
6.10625
6.3575
7.89125
8.13875
9.55
10.4225
9.7
8.7875
9.105
10.00125
12.4
10.46
8.04875
5.31625
4.57875
7.8416875
6.86271875
5.88375
5.225
5.87
4.7475
8.24375
6.495
9.6425
11.86625
9.41875
6.0725

### 3.2 Tahapan analisis

Secara umum, pada proses analisis ini, terdapat beberapa tahap diantaranya sebagai berikut:

1. Analisis eksplorasi

Pada tahap pertama, dilakukan dengan proses pengunduhan data kualitas udara harian (khususnya PM2.5) dan data cuaca (seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin) dari sumber terpercaya. Setelah data diperoleh, dilakukan proses penggabungan data berdasarkan tanggal agar membentuk satu kerangka data yang utuh. Kemudian Selanjutnya dilakukan eksplorasi data untuk memahami pola umum, outlier, serta tren musiman atau harian yang muncul. Setelah dilakukan eksplorasi data untuk memahami pola, maka visualisasi seperti plot garis dan boxplot digunakan untuk mengamati distribusi nilai dan fluktuasi kualitas udara harian di Makassar.

2. Pemodelan ARIMAX

Setelah model ARIMA terbentuk, maka akan dilanjutkan dengan membangun model ARIMAX dengan menambahkan satu atau lebih variabel eksogen, seperti suhu dan kelembaban. Karena Model ARIMAX dikembangkan menggunakan fungsi `arima()` atau `Arima()` dari paket `forecast`, dengan memasukkan argumen `xreg` yang berisi data variabel eksogen. Model ini diharapkan mampu menangkap pengaruh dari faktor luar yang berkontribusi terhadap fluktuasi nilai PM2.5.

3. Evaluasi Model

Pada tahap ini untuk menilai seberapa baik model dapat memprediksi nilai kualitas udara, maka dilakukan evaluasi terhadap hasil peramalan. Yang dimana metode evaluasi menggunakan metrik statistik seperti MAE (Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Square Error), dan MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Hasil evaluasi dari model ARIMA dan ARIMAX dibandingkan untuk melihat apakah penambahan variabel eksogen dalam ARIMAX memberikan perbaikan yang signifikan terhadap akurasi model.

4. Visualisasi dan Interpretasi Hasil

Hasil akhir dari proses analisis divisualisasikan dalam bentuk grafik deret waktu, yang menampilkan data aktual dan hasil prediksi dari model. Visualisasi ini membantu melihat seberapa dekat hasil prediksi mengikuti pola data asli. Selain itu, dilakukan interpretasi terhadap koefisien model dan pengaruh variabel eksogen, untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap dinamika kualitas udara di Makassar.

### **3.3 Alat bantu**

Pada pemrosesan pengnalisasi data, adapun bantuan tools yang digunakan seperti :

- R studio
- Microsoft Excel

## 4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

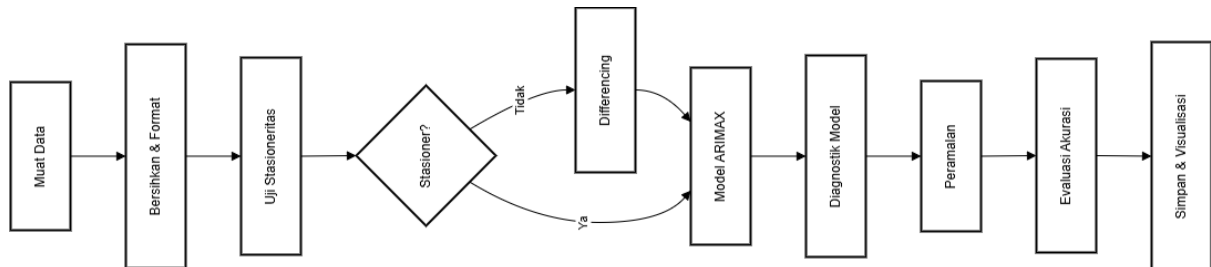
### 4.1 Analisis Eksplorasi

Data diperoleh dari file Excel yang berisi informasi harian mengenai konsentrasi PM2.5 dan variabel meteorologi: suhu rata-rata (TAVG), kelembapan relatif rata-rata (RH\_AVG), dan kecepatan angin rata-rata (FF\_AVG). Data dibersihkan dengan menghapus entri tidak lengkap dan dikonversi ke format deret waktu untuk analisis lanjutan.

TANGGAL	TAVG	RH_AVG	FF_AVG	PM2.5
07-02-2025	25.1	92	3	6.10625
08-02-2025	26	91	5	6.3575
09-02-2025	24	96	3	7.89125
10-02-2025	27.2	89	6	8.13875
11-02-2025	25.7	94	3	9.55
12-02-2025	26	91	2	10.4225
13-02-2025	27.2	87	2	9.7
14-02-2025	27.7	85	2	8.7875
15-02-2025	27.6	84	2	9.105
16-02-2025	27.4	83	1	10.00125
17-02-2025	27.2	86	1	12.4
18-02-2025	27.4	85	2	10.46
19-02-2025	27.4	87	2	8.04875
20-02-2025	26.7	89	2	5.31625
21-02-2025	26.9	85	2	4.57875
22-02-2025	27.4	82	2	7.8416875
23-02-2025	27.7	78	2	6.86271875
24-02-2025	25.5	88	2	5.88375
25-02-2025	27	83	1	5.225
26-02-2025	26.9	85	2	5.87
27-02-2025	26.1	88	1	4.7475

## 4.2 Pembangunan model ARIMAX

Pembuatan model ARIMAX dirancang di R, hal ini dilakukan untuk mempercepat waktu pengerjaan, mengurangi kesalahan, dan menyederhanakan proses analisis. Berikut adalah flowchart dari program.



Proses diawali dengan memuat library yang diperlukan, kemudian mempersiapkan data. Jika data sudah lengkap, dilakukan uji stasioneritas menggunakan KPSS. Jika data PM2.5 belum stasioner, lakukan differencing hingga stasioner. Selanjutnya, dibangun model ARIMAX dengan variabel prediktor seperti suhu rata-rata (TAVG), kelembapan (RH\_AVG), dan kecepatan angin (FF\_AVG). Hasil model ditampilkan dalam ringkasan, lalu residualnya diuji menggunakan plot dan uji Ljung-Box untuk memastikan tidak ada masalah.

Untuk evaluasi kinerja model, data dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Model dilatih pada data latih, kemudian prediksi dilakukan pada data uji. Akurasi model dihitung dan dibandingkan antara nilai aktual dan prediksi. Terakhir, hasil analisis disimpan ke dalam file Excel untuk dokumentasi.

## 4.3 Evaluasi model ARIMAX

Setelah pembangunan model ARIMAX selesai, dilakukan proses evaluasi untuk menilai performa model dalam memprediksi kadar PM2.5 berdasarkan variabel cuaca yang berpengaruh, yaitu TAVG (temperatur rata-rata), RH\_AVG (kelembaban rata-rata), dan FF\_AVG (kecepatan angin rata-rata). Hasil dari model ini mencakup koefisien regresi untuk masing-masing variabel, nilai prediksi (fitted value), dan nilai residual (selisih antara nilai aktual dengan prediksi model).

Koefisien regresi menunjukkan arah dan kekuatan pengaruh masing-masing variabel cuaca terhadap kadar PM2.5. Nilai prediksi menunjukkan seberapa besar PM2.5 yang diperkirakan model pada setiap tanggal, sedangkan residual (`.resid`) mengindikasikan selisih atau kesalahan prediksi pada masing-masing titik waktu.

Hasil Koefisien:	ar1	TAVG	RH_AVG	FF_AVG
	0.5844	0.4426	-0.0397	-0.4153

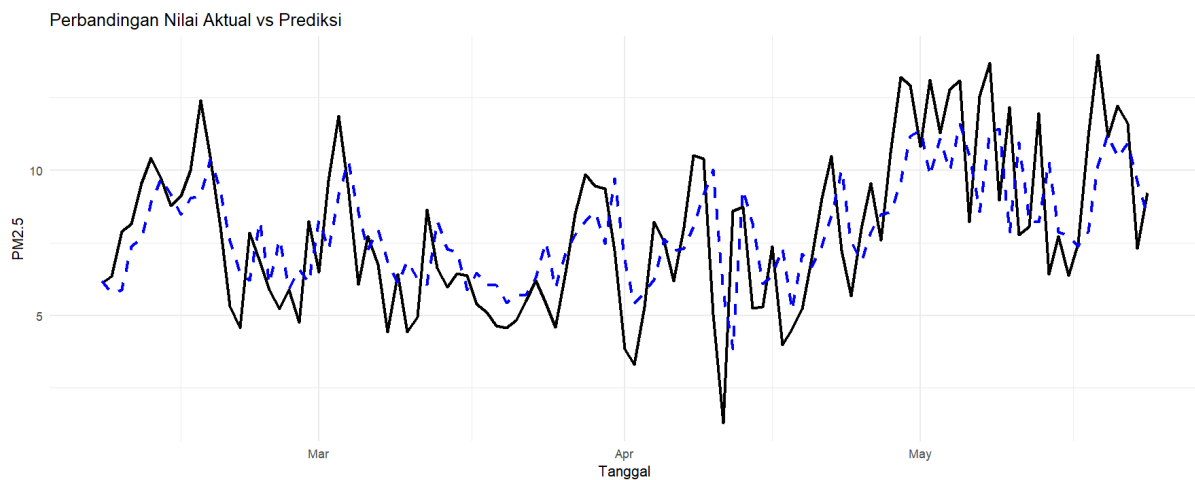
Hasil Analisis Model:

MSE	RMSE	MAPE
4.117047691	2.0290509	25.38226537

- MSE (Mean Squared Error) = 4.117
- RMSE (Root Mean Squared Error) = 2.029
- MAPE (Mean Absolute Percentage Error) = 25.38%

Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh MSE sebesar 4.117, RMSE sebesar 2.029, dan MAPE sebesar 25.38%. Nilai MSE (Mean Squared Error) yang relatif kecil menunjukkan bahwa rata-rata kuadrat kesalahan prediksi terhadap nilai aktual PM2.5 cukup rendah. RMSE (Root Mean Squared Error) sebesar 2.029 mengindikasikan bahwa secara umum, kesalahan prediksi model berada sekitar  $\pm 2.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dari nilai aktual, sehingga memberikan gambaran yang jelas dalam satuan yang sama dengan data asli. Sementara itu, MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebesar 25.38% menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan sekitar 25 persen terhadap nilai aktual. Ini menandakan bahwa model memiliki performa prediksi yang cukup baik.

#### 4.4 Visualisasi Prediksi vs Aktual



Hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual menggunakan grafik garis. Garis hitam mewakili nilai aktual PM2.5, sedangkan garis biru putus-putus menunjukkan nilai yang diprediksi oleh model. Hasil visual menunjukkan bahwa model mampu menangkap pola naik-turun PM2.5 dengan cukup baik, meskipun terdapat sedikit penyimpangan pada beberapa titik ekstrem.

## 5 BAB V KESIMPULAN

### 5.1 KESIMPULAN

Jadi berdasarkan hasil evaluasi perhitungan menggunakan metode ARIMAX, di dapatkan perolehan MSE sebesar 4.117, RMSE sebesar 2.029, dan MAPE sebesar 25.38%. yang dimana untuk nilai MSE (Mean Squared Error) cenderung relatif kecil menunjukkan bahwa rata-rata kuadrat kesalahan prediksi terhadap nilai aktual PM2.5 cukup rendah.

Kemudian untuk prolehan RMSE (Root Mean Squared Error) sebesar 2.029, yang dimana mengindikasikan bahwa secara umum, kesalahan prediksi model berada sekitar  $\pm 2.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dari nilai aktual, sehingga memberikan gambaran yang jelas dalam satuan yang sama dengan data asli.

Sementara itu untuk perolehan MAPE (Mean Absolute Percentage Error), mendapatkan angka sebesar 25.38% yang dimana menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan sekitar 25 persen terhadap nilai aktual. Ini menandakan bahwa model memiliki performa prediksi yang cukup baik. selain itu juga jika hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual menggunakan grafik garis Hasil visual menunjukkan bahwa model mampu menangkap pola naik-turun PM2.5 dengan cukup baik, meskipun terdapat sedikit penyimpangan pada beberapa titik ekstrem.

### 5.2 SARAN

Berdasarkan hasil peramalan kualitas udara menggunakan model ARIMAX, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya seperti penambahan variabel eksogen, kemudian adanya peningkatan resolusi data, dan dilakukan uji banding dengan model lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. (2016). *BAB II Tinjauan Pustaka*. Repository ITK.
- Basuki, A., & Prawoto, H. (2016). *BAB III Metode Penelitian*. Repository Untidar.
- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: Forecasting and control*. Holden-Day.
- Digilib Unila. (2017). *Uji kestasioneran mengenai data inflasi*. Universitas Lampung.
- Hyndman, R. J. (2022). Discussion on ARIMAX model and exogenous variables in air quality forecasting.
- Jusri. (2023). *Makassar city air pollution forecast in 2045*. Hasanuddin University.
- Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi). (2024). Forecasting the air quality index by utilizing several meteorological factors using ARIMAX method.

- Keramidas, T., Tchung-Ming, S., Weitzel, M., & Van Dingenen, R. (2023). Analisis kualitas udara dan dampak PM2.5 terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 381–386.
- Kuncoro, M. (2017). *Metode riset untuk bisnis dan ekonomi*. Erlangga.
- Moshhammer, H., & Wallner, P. (2011). Air quality as respiratory health indicator—A critical review. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 24(3), 241–248. <https://doi.org/10.2478/s13382-011-0028-9>
- Pope, C. A., III, & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742. <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>
- Ramadhan, A., & Syamsuddin, S. (2020). Urban growth and industrial development in Makassar City: Impacts on environmental sustainability. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11(4), 789–796.
- Repository UIN Suska. (2022). *BAB III*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Utama, D. A. (2019). Indeks standar pencemar udara polutan karbon monoksida di Terminal Malengkeri Kota Makassar. *Jurnal UNHAS*.
- Wahid, S., & Setyawan, H. (2020). Peramalan data deret waktu menggunakan model ARIMA. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 3(2), 136–147. <https://jurnal.uns.ac.id/ijas/article/view/26298/19416>
- Widarjono, A. (2018). *Ekonometrika: Teori dan aplikasi untuk ekonomi dan bisnis* (Edisi ke-3). UPP STIM YKPN.
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization.